

Schutzwinkelprüfgerät für Blitzschutzanlagen

W. Naumann, H.-D. Lehmann; Dresden

Dargelegt werden die Vorteile, die sich beim Anwenden des Schutzwinkelverfahrens zum Nachweis des Schutzbereichs von Fangeinrichtungen auf der Baustelle ergeben. Deutlich wird daraus, dass der Einsatz eines Schutzwinkelprüfverfahrens notwendig ist. Im Beitrag werden die Aufgaben eines Schutzwinkelprüfgeräts an Beispielen erläutert und der Aufbau und die Handhabung eines solchen neuartigen Geräts beschrieben.

1 Aufgabenstellung

Bei der Bestimmung der Lage der Fangeinrichtungen des Blitzschutzsystems muss besondere Sorgfalt auf den Schutz von Ecken und Kanten der zu schützenden baulichen Anlage verwendet werden, besonders bei Fangeinrichtungen auf Dachflächen und den oberen Teilen der Fassaden (VDE V 0185-3 [1], HA 1; Abschnitt 4.2.2 Anordnung).

Beim Festlegen der Anordnung von Fangeinrichtungen werden im Allgemeinen drei Verfahren genutzt: das Blitzkugel-, das Schutzwinkel- und das Maschenverfahren. Da das Schutzwinkelverfahren zur Durchsetzung der Schutzanforderungen an Fangeinrichtungen vor Ort am Objekt am besten geeignet ist, wurde ein Schutzwinkelprüfgerät entwickelt, dessen Funktion und Anwendung nachfolgend beschrieben wird.

2 Bedeutung des Schutzbereichs für das Blitzschadensgeschehen

2.1 Überschätzung des Schutzbereichs eines Fabrikschornsteins

Oft werden hohe Objekte, z. B. Fabrikschornsteine (Bild 1), als die attraktive Einschlagstelle für das Umfeld diskutiert, und ebenso oft täuscht der Anblick. Gleich zwei Einschläge ereigneten sich unmittelbar in die kleine Trafostation am Straßenrand (vorn im Bild) und auf das dahinter liegende Fußballfeld. Die Trafostation fiel aus, und Fußballer wurden verletzt. Bereits bei der Planung hätte der Blitzgefährdungsbereich erkannt werden müssen. Günstiger wäre gewesen – und für alle nachvollziehbar – den Schornstein-Schutzbereich mit einem geeigneten Messgerät auszumessen.

2.2 Überrascht vom Blitzschaden bei fehlendem Schutzbereich

Bild 2 zeigt ein Beispiel dafür, dass man angenommen hatte, das Antennenstandrohr schützt das gesamte Dach. Eine etwas unsichere Auswertung der Fotoaufnahme ließ schon die Schwachstelle am Giebel erkennen. Eine Schutzwinkelmessung hätte Gewissheit gebracht. Die falsche Beratung durch den Antennenbauer hatte fatale Folgen. Es kam zu einem Blitzeingeschlag in die Giebelspitze mit erheblichen Auswirkungen für die Dachwohnung (Brand, Zerstörung der elektrischen Geräte) und für das übrige Haus (zerstörte Elektroinstallation, Geräteschäden).

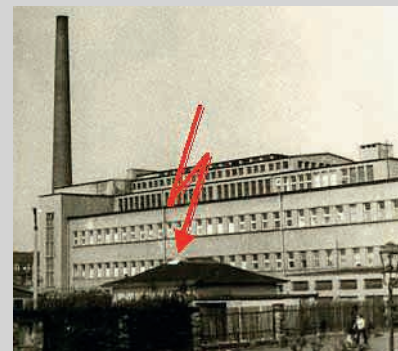
2.3 Dimensionierungsfehler mit hohem Folgeschaden

Großer Aufwand wird für die Durchsetzung des EMV-orientierten Blitzschutzkonzepts erforderlich, VDE V 0185 Teil 4 [2]. Hersteller bieten Komplettlösungen an, s. Bild 3. Verhindert werden soll, dass technische Einrichtungen auf dem Dach vom Blitz getroffen werden, Blitzströme in das Gebäude eindringen und Isolierungen elektrischer Betriebsmittel auf dem Dach durch Überspannungen zerstört werden. Ordnungsgemäß zu planen und auszuführen ist deshalb eine äußere Blitzschutzzone 0_B (einschlagfreier Schutzbereich unter den Fangstangen und -leitungen). Im vorliegenden Beispiel (Bild 4) schlug der Blitz in die in der Blitzschutzzone 0_B befindliche Klima-Lüftungsanlage. Erhebliche Kosten bei der Wiederbeschaffung der elektrischen Einrichtungen und noch größere Folgekosten durch den Betriebsausfall waren die Folge. Die Ursache war auf die unzureichende Kontrollmöglichkeit der richtigen Anordnung der Fangstangen zurückzuführen.

3 Verfahren zur Bestimmung des Schutzbereichs

3.1 Blitzkugelverfahren

Die mögliche Einschlagstelle einer Blitzentladung auf der Erde festzustellen, erschien aus der Sicht der Hochspannungs-



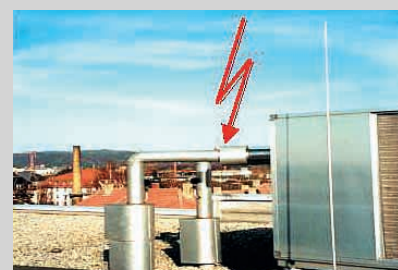
1 Übersätzter Schutzbereich einer Esse – Einschlag in eine Trafostation



2 Umständliche Ermittlung des Einbauwinkels von einem Antennenstandrohr nach einem Blitzschlag in den Giebel mit Brandfolge



3 Systemlösung DEHNiso® für isolierte Fangeinrichtung



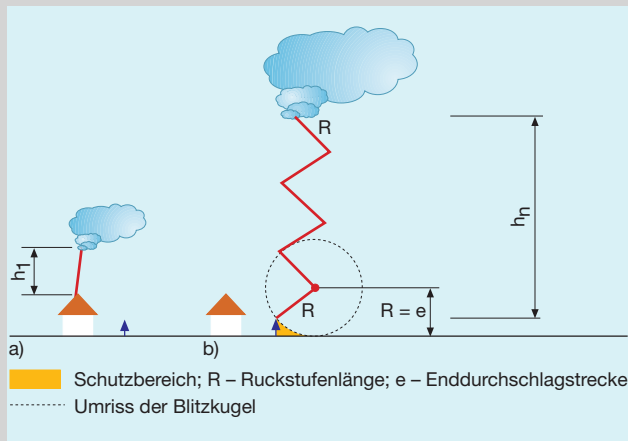
4 Überschätzung des Schutzbereichs einer Fangstange – Blitzschlag in die Blitzschutzzone 0_B ist die Folge

technik zunächst mit dem Gesetz der kleinsten Schlagweite lösbar zu sein. Zwischen Wolke und Erde sucht der Blitz nach der kürzesten Entfernung. Er würde immer in das höhere Objekt einschlagen. In der Natur werden aber neben hohen Objekten auch kleinere getroffen (Bild 5).

Die Einschlagstelle des Blitzes steht nicht bereits im Augenblick des Startens einer Entladung fest, sondern erst kurz vor ihrem Eintreffen auf der Erde. Schuld daran ist

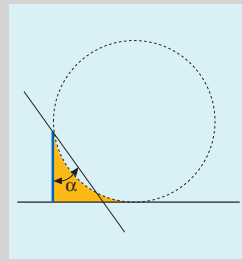
Autoren

Dr.-Ing. Werner Naumann, DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG, Neumarkt/Opf., Büro Dresden; Dipl.-Ing. Hans-Dieter Lehmann, NALE Technische Geräte, Dresden.

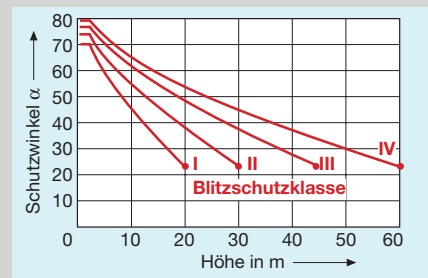


5 Blitzentladungsmechanismus

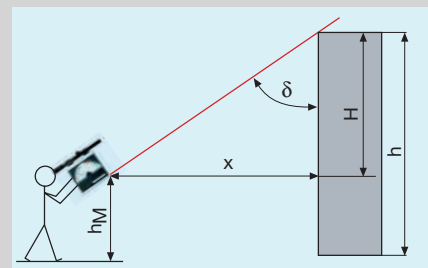
- a) Entladung bei geringer Schlagweite h_1 wie im Labor
 b) Entladung bei großer Schlagweite h_n in der Natur



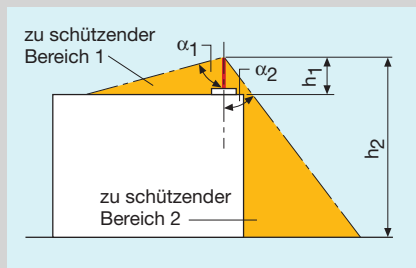
6 Schutzwinkel α in Annäherung an die Blitzkugel nach [1]



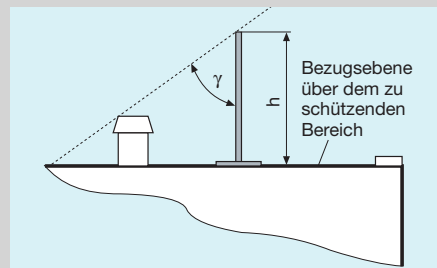
7 Schutzwinkel α für unterschiedliche Blitzschutzklassen und Höhen nach [1]



10 Messen des Peilwinkels zur Höhenbestimmung eines Gebäudes



8 Schutzwinkel α für eine Fangstange



9 Einbauwinkel γ zwischen der Fangstange und einem Lüfter

das natürliche ruckstufenartige Vorwachsen des Blitzkanals.

Ist die Ruckstufenlänge R bekannt, so kann sie als Enddurchschlagstrecke e zur Schutzraumkonstruktion dienen. Dorthin, wo der Blitz aufgrund seiner natürlichen Begrenzung wegen der Ruckstufenlänge nicht mehr hinreicht, entsteht der Schutzraum. Er liegt unterhalb der Kugeloberfläche vom Radius R . Dort, wo die Blitzkugel Objekte berührt, befinden sich mögliche Einschlagstellen.

Bei zu planenden Anlagen löst man die Aufgabe graphisch mit Winkelmesser und Lineal oder über ein CAD-Computerprogramm im Büro (auch maßstabsgerechte Modelle haben sich bewährt [3]).

3.2 Schutzwinkelverfahren

Sehr viel einfacher ist die Anwendung des Schutzwinkelverfahrens. Dieses lässt sich aus dem Blitzkugelverfahren ableiten, indem der Schutzwinkel α für eine Sekante der Blitzkugel gemäß Bild 6 ersatzweise bestimmt wird.

Nur das Schutzwinkelverfahren kann auf der Baustelle angewendet werden. Das setzt natürlich voraus, dass eine Winkelmesseinrichtung zur Verfügung steht. Blitzkugeln von 20 bis 60 m sind undiskutabel.

Der Schutzwinkel hängt von der Höhe der Fangspitze über dem zu schützenden Bereich ab. Er kann aus VDE V 0185 Teil 3 [1] bestimmt werden (Bild 7). Neu ist, dass der Schutzwinkel Werte zwischen 20° und 78° annehmen kann und nicht wie früher konstant 45° ist. Das unterstreicht die Notwendigkeit eines Schutzwinkelprüfgeräts.

3.3 Maschenverfahren

Ebene Flächen können mit einem Maschennetz von bestimmter Maschenweite geschützt werden. Es kann nur für horizontale und geneigte Flächen ohne Wölbungen angewendet werden. Falls aus der Maschenebene Dachaufbauten herausragen, sollten zusätzliche Fangspitzen oder -stangen den Schutz übernehmen. Das heißt wiederum, dass das Schutzwinkelverfahren eine wichtige Rolle spielt.

4 Aufgabe eines Schutzwinkelprüfgeräts

Schon der Begriff Schutzwinkelprüfgerät deutet auf zwei Aufgaben hin,

- das Messen eines Peilwinkels δ von der Bezugsebene und
- die Möglichkeit des Prüfens des gemessenen Einbauwinkels γ auf Einhaltung eines zulässigen Schutzwinkels α .

Im Blitzschutz wird beides benötigt.

4.1 Messen des Peilwinkels

Der Peilwinkel zwischen Erdoberfläche und einem Objekt (Bild 10) wird gemessen, um die Höhe des Objekts zu errechnen:

$$h = x \cdot \cot \delta + h_M \quad (1)$$

Zur Erleichterung der Arbeit ist eine $\cot \delta$ -Tabelle auf der Rückseite des Schutzwinkelprüfgeräts verfügbar. Die ermittelte Höhe h wird zur Bestimmung des zulässigen Schutzwinkels nach Bild 7 benötigt.

4.2 Messen der Dachneigung

Die Messung des Neigungswinkels einer

Begriffe und Definitionen

Der **Schutzwinkel** α ist der zulässige Winkel zwischen der äußeren Begrenzungslinie des Schutzbereichs und der Vertikalen durch die Fangeinrichtung (Bild 8). Er wird von der Norm vorgegeben.

Der **Einbauwinkel** γ ist der Fluchtwinkel zwischen dem zu schützenden Gegenstand und einer Fangeinrichtung – gemessen zur Vertikalen (Bild 9). Er ist zu messen und mit dem Schutzwinkel α zu vergleichen.

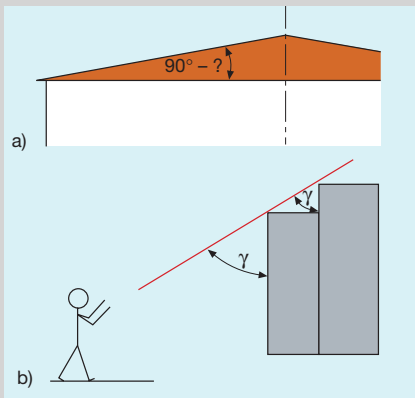
Der **Peilwinkel** δ ist der gemessene Winkel von einem beliebigen Standort aus bezogen auf die Vertikale. Er dient z. B. zur Berechnung der Höhe eines angepeilten Objekts.

Der **Schutzraum/Schutzbereich** ist der durch eine Fangeinrichtung gegen Blitzeinschläge als geschützt geltende Raum (Volumen).

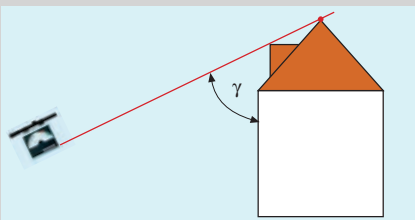
Die **Blitzkugel** ist eine Konstruktionshilfe zum Nachweis der möglichen Blitzeinschlagstellen. Ihr Radius ergibt sich aus der Länge des Stufenleitblitzes (Ruckstufenlänge). Sie ist Grundlage des geometrisch elektrischen Modells zur Bestimmung des Schutzbereichs von Fangeinrichtungen.

Die **Masche (Auffangmasche)** wird gebildet von einer Drahtschleife auf der zu schützenden Fläche. Sie soll dem Auffangen einer Blitzentladung dienen.

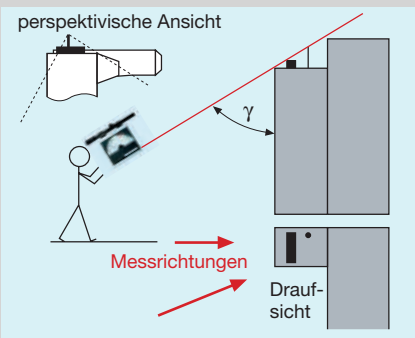
Die **Höhe** h ist die Höhe der Fangeinrichtung über dem zu schützenden Bereich. Das kann die Höhe einer Fangstange auf dem Dach oder die vom Erdboden aus gemessene Gesamthöhe sein (Bild 8) – je nach Betrachtung des Schutzbereichs.



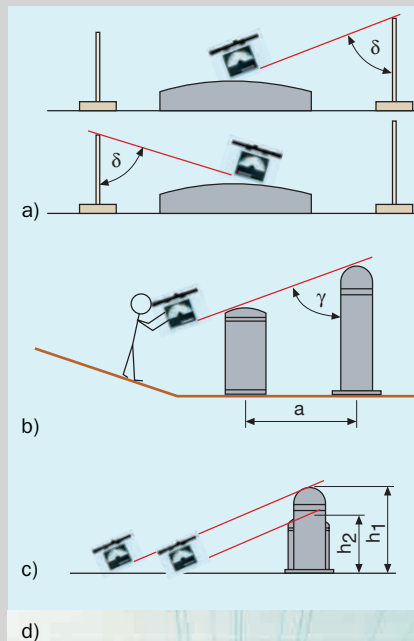
11 Messung des Dachneigungswinkels ($90^\circ - \delta$) (a) und des Einbauwinkels γ zur Schutzbereichsbestimmung (b)



12 Einbauwinkelmessung an einem Erker in Bezug auf die Firstleitung



13 Messung des Einbauwinkels α von der Erde aus zwischen einer Fangstange und einem zu schützenden Objekt



14 Weiter Anwendungsbeispiele

- Messung des Peilwinkels bei zwei Fangstangen
- Bestimmung des Einbauwinkels γ an einer Siloanlage in einer Hanglage
- Bestimmung des Einbauwinkels γ für die Siloanlage nach b) aus zwei Höhenmessungen und Berechnung $\tan(90^\circ - \gamma) = (h_1 - h_2)/a$
- Messung des Einbauwinkels Phasenseil – Erdseil

Dachfläche ist für die Anwendung des Maschenverfahrens von Bedeutung, denn nach VDE V 0185-3 [1] wird bei ebenen Oberflächen angenommen, dass ein Maschennetz die gesamte Oberfläche schützt, wenn die Kanten und Grate und bei schwach geneigten Dächern, (Dachneigung kleiner als $1/10$, d. h. $5,7^\circ$) auch der Dachfirst geschützt sind. Die Konsequenz aus der Messung nach Bild 11 a) ist:
 $90^\circ - \delta \leq 5,7^\circ$: Firstleitung nicht erforderlich
 $90^\circ - \delta > 5,7^\circ$: Firstleitung erforderlich.

4.3. Prüfen durch Vergleich Einbauwinkel γ – Schutzwinkel α

Weiterhin besteht die Aufgabe eines Schutzwinkelmessgeräts darin, dass der gemessene Einbauwinkel γ sofort mit dem zulässigen Schutzwinkel α nach Bild 7 verglichen werden kann. Für das Messergebnis gemäß Bild 11 b) lässt sich folgende Aussagen treffen:

- $\alpha \geq \gamma$
Das vorgelagerte Objekt liegt im Schutzbereich $\gamma < \alpha$
 - $\alpha < \gamma$
Das vorgelagerte Objekt liegt nicht im Schutzbereich $\gamma \geq \alpha$.
- Bei Messungen vom Erdboden aus ist es erforderlich, dass sich der Messende genau dort postiert, wo er das Schutzwinkelmessgerät in Richtung Fluchtlinie halten kann. Selbstverständlich kann γ auch oben vom Dach aus gemessen werden. Die gleiche Aussage trifft für Bild 12 zu. Der Messende muss sich stets in einem solchen Abstand vor dem Gebäude postieren, dass beide Objekte beim Anpeilen fluchten. Wie aus Bild 13 zu sehen ist, werden Messungen aus verschiedenen Messrichtungen erforderlich, um den Schutzbereich vollständig zu beurteilen. Weitere Anwendungsbeispiele zeigt Bild 14. Im Fall des Beispiels b) stößt man an die

Grenze des Möglichen bei der Suche nach einem geeigneten Messstandort, weil dieser wegen der Hanglage nicht beliebig wählbar ist. Eine besondere Messmethode besteht darin, dass man wie folgt vorgeht:

- Wechsel des Standorts um 90° in die Seitenansicht
- Bestimmung der Entfernung a
- Messen der Höhen h_1 und h_2 nach Gl.(1)
- Berechnung des Einbauwinkels γ

$$\tan(90^\circ - \gamma) = \cot \gamma = (h_1 - h_2)/a = \Delta h/a$$
- Vergleich des errechneten Winkels γ mit dem zulässigen Winkel α auf der Winkelskala des Schutzwinkelmessgeräts entsprechend des eingestellten Grenzwerts für Blitzschutzklasse und Höhe h (h_1).

5 Aufbau eines neuen Schutzwinkelmessgeräts

Das neue, patentierte Schutzwinkelmessgerät besteht aus den drei Funktionsgruppen (Bild 15)

- Peileinrichtung
- Winkelmesser
- Schutzwinkelnomogramm.

5.1 Peileinrichtung

Die Peileinrichtung dient zur optischen Fixierung eines Messpunkts am Objekt. Dazu ist ein Laser eingebaut, mit dessen Strahl (7) Fixpunkte im unmittelbaren Standortbereich des Messenden angepeilt werden können.

Bei Messungen über größere Entfernungen ist das Zielfernrohr (1) besser geeignet.

5.2 Winkelmesser

Die Schutzwinkelmessung geschieht nach dem Schwerkraftprinzip, d. h., im Messgerät ist an einem leicht beweglichen Messzeiger ein Gegengewicht angebracht, das diesen immer wieder in die Vertikale stellt. Wird das Messgerät zur vertikalen Achse gedreht, z. B. in Peilrichtung auf den auszumessenden Fixpunkt, stellt sich der Messzeiger auf den Skalenwert der Winkelanzeige (2) ein.

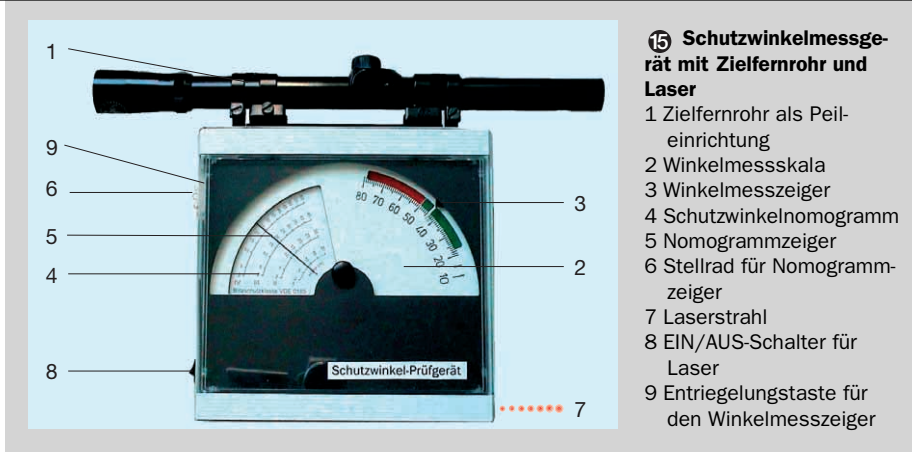
Der Messzeiger wird erst vor jeder Messung durch Drücken der Taste (9) gelöst und nach dem Loslassen der Taste wieder arretiert. Dadurch wird der Messwert für die anschließende Auswertung gespeichert.

5.3 Schutzwinkelnomogramm

In VDE V 0185 Teil 3 [1] wird der zulässige Schutzwinkel angegeben, s. Bild 7

$$\alpha = f(h)$$

Daraus wurde das Schutzwinkelnomogramm (4) entwickelt. Exaktes Arbeiten auf der Baustelle ist dadurch möglich. Ein Nomogrammzeiger (5) muss auf die jeweilige Höhe h der Fangeinrichtung und der Blitzschutzklasse gestellt werden. Dazu dient das Stellrad (6). Automatisch überträgt sich diese Einstellung auf ein grün/rot



15 Schutzwinkelmessgerät mit Zielfernrohr und Laser

- 1 Zielfernrohr als Peileinrichtung
- 2 Winkelmessskala
- 3 Winkelmesszeiger
- 4 Schutzwinkelnomogramm
- 5 Nomogrammzeiger
- 6 Stellrad für Nomogrammzeiger
- 7 Laserstrahl
- 8 EIN/AUS-Schalter für Laser
- 9 Entriegelungstaste für den Winkelmesszeiger

gekennzeichnetes Fenster über der Winkelmessskala (2). Jetzt kann die Überprüfung des gemessenen Schutzwinkels erfolgen.

Befindet sich der Messzeiger im grünen Bereich, liegt das Objekt im Schutzbereich. Dann interessiert der gemessene Absolutwert des Schutzwinkels nur noch sekundär. „Das Objekt befindet sich im Schutzbereich der Fangeinrichtung“. Allein diese Aussage ist wichtig.

Eine Optimierung bei der Anordnung der Fangeinrichtungen kann bis zur Grenze des möglichen Schutzwinkels vorgenommen werden.

6 Verantwortung der Blitzschutzfachkraft

Für die Einhaltung des Schutzbereichs von Fangeinrichtungen ist letztendlich der Errichter verantwortlich. Er realisiert die Anordnung so, dass ein optimaler Schutzbereich entsteht und die Planungsunterlagen berücksichtigt worden sind.

Ob dieses Ziel aber erreicht wurde, kann vor Ort nur mit dem Schutzwinkelprüfgerät kontrolliert werden. Das sollte natürlich auch der Planer während der Bauüberwachung und ein Prüfer bei der Abnahme tun. Die Norm VDE V 0185 Teil 3 [1] sagt dazu aus:

1. Fangleitungen, Fangstangen, Maste und Drähte sollen so angeordnet werden, dass alle Teile der zu schützenden baulichen Anlage innerhalb des Schutzbereiches liegen. Der Schutzwinkel sollte Bild 7 entsprechen. Er erzeugt etwa das gleiche geschützte Volumen wie das Blitzkugelvolumen bis zur Höhe des Radius der Blitzkugel ([1], Abschnitt HA 4; Abschnitt 1.4.2.2). Die Anordnung der Fangeinrichtung entspricht erst dann den Forderungen, wenn die zu schützende bauliche Anlage voll innerhalb des Bereichs liegt, der durch die Fangeinrichtung geschützt wird ([1], Anhang A).
2. Bei der Abnahmeprüfung ist das Blitzschutzsystem auf Einhaltung der normgerechten Schutzkonzeption sowie hinsichtlich der handwerklichen Ausführung (fachtechnische Richtigkeit) vollständig zu prüfen.

3. Altanlagen sind sinngemäß einer Blitzschutzklasse zuzuordnen ([1], HA 3; Abschnitt 2). Die Einhaltung der Schutzbereiche kann dann wie vorher beschrieben geprüft werden.

4. Wenn Änderungen an der baulichen Anlage vorgenommen werden, sollte geprüft werden, ob das bestehende Blitzschutzsystem noch den Normanforderungen entspricht ([1], HA 4; Abschnitt 1.1), d. h., wiederum Prüfen der Schutzbereiche.

5. Während der Wartung ist zu prüfen, dass sich die Wirksamkeit des Blitzschutzsystems nach zusätzlichen Einbauten oder Änderungen an der baulichen Anlage oder seinen Installationen nicht verändert hat (HA 3; Abschnitt 6.2) und so auch der Schutzbereich nach wie vor eingehalten wird.

6. Umfang und Anordnung von Fangeinrichtungen müssen der Norm entsprechen, unabhängig davon, ob Geräte oder Einrichtungen angewendet werden (z. B. ESE-Fangeinrichtung), für die eine verbesserte Schutzwirkung versprochen wird ([1], Abschnitt HA 4; Abschnitt 1.1). Für die Bestimmung des geschützten Volumens sind nur die realen Abmessungen der metallenen Fangeinrichtungen zu berücksichtigen ([1], Anhang A.1). Deshalb sind auch die Schutzbereiche nach der beschriebenen Methode zu bestimmen.

Selbstverständlich werden zunächst die kritischen Stellen unter die Lupe genommen, z. B.

- Dachaufbauten am Dachrand
- Dachaufbauten in der Dachfläche (Lichtkuppeln, Rauch- und Wärmeabzugsklappen, Rohre)
- Schornsteinkopf unter der Fangstange
- Erker oder Dachgauben in der Dachfläche
- Wirkung natürlicher Fangeinrichtungen auf das zu schützende Objekt (Bäume, Freileitungen, benachbarte höhere Gebäude, Türme, Maste, Bergkuppeln usw.)
- Aussichtsplattformen unter einer Turmspitze
- Tore, Schranken, Leuchten, Zäune und sonstige Einfriedungen neben einem Hauptgebäude
- die Blitzschutzzone 0_B auf dem Dach oder

an einer Außenwand zum Schutz von sensiblen elektrischen Einrichtungen.

7 Schlussbetrachtung

Der Blitzschutzfachkraft wird es bei Anwendung eines Schutzwinkelprüfgerätes möglich

- den Nachweis der Einhaltung der Schutzbereiche im Prüfprotokoll zu dokumentieren
- die Anordnung der Fangeinrichtungen zu optimieren und mit dem Architekten und Planer abzustimmen
- die notwendige Abgrenzung der Blitzschutzzone 0_A von 0_B direkt vor Ort zu überprüfen
- Änderungen und Ergänzungen an der baulichen Anlage auf die Einhaltung der Schutzbereiche zu prüfen
- die Schutzbereiche von höheren benachbarten Bauwerken zu erfassen und notwendige Fangeinrichtungen für ein Objekt zu bestimmen.

Der Schutzwinkel kann vor Ort exakt bestimmt werden, eine zeichnerische Darstellung oder das Ermitteln des zutreffenden Schutzwinkels entfällt.

Literatur

- [1] VDE V 0185-3:2002-11 Blitzschutz – Schutz von baulichen Anlagen und Personen.
- [2] VDE V 0185-4:2002-11 Blitzschutz – Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen.
- [3] Trommer, W.; Hampe: Blitzschutzanlagen. Heidelberg: Hüthig Verlag 1997.
- [4] Blitzplaner. Druckschrift DS 702/1201 der Firma DEHN+SÖHNE (gültig ab Juli 2001).

Anzeige